

土地利用の経年変化及び都市内構造が短期的な 降水特性に与える影響に関する数値実験

法政大学大学院 デザイン工学研究科	学生員	小山 隼平
法政大学 デザイン工学部	非会員	石綿 勇人
法政大学 デザイン工学部	正会員	鈴木 善晴

1. 研究の背景と目的

日本では近年、都市を中心とした局地的かつ短時間で激しい豪雨が多く発生し問題となっている。この豪雨は特に「都市型豪雨」と呼ばれ、地下鉄や地下街などが多く存在する大都市部などでは浸水や交通機能の麻痺、停電などの甚大な被害を及ぼす。また豪雨の発生が突発的であるために予測することが非常に困難であることが特徴である。都市の気温がその周辺の郊外部と比較して上昇するヒートアイランド現象や高層ビル群の影響と都市型豪雨との強い関係性が示唆されているが、降水分布や頻度は自然要因によって様々に変動するため都市が降水に与える影響の詳細は十分に明らかにされておらず、今なお未解明の部分が残されている。

そこで本研究では、土地利用や都市環境が集中豪雨に与える影響を明確にすることを目的とし、領域気象モデル WRF を使用して数値実験を行った。近年、都市化が顕著な領域を選定し、対象領域内の土地利用や都市内構造などを変化させ、感度分析を行うことで都市が集中豪雨の発生や発達に与える影響について解析を行った。

2. モデルの概要とその計算条件

領域気象モデル WRF (Weather Reserch and Forecasting model) は米国大気研究センター、米国環境予測センターなどが中心となり、実用的な天気予報とそれに関連する研究のために開発された気象モデルである。主な特徴としては、多数の力学法則が取り入れられていることでより詳細に都市の状況を再現することが出来る。本研究では都市キャノピーモデル(以下、UCM)を用いて都市と豪雨の関係について解析を行った。建物高さ、建物幅、道路幅、人工排熱などの UCM の物性値は竹林の研究成果報告書¹⁾、環境省のヒートアイランド対策ガイドライン²⁾、及び東京都統計年鑑³⁾を参考にした。設定した UCM の物性値の一例を表-1 に示す。

本研究では、3つの Domain を用いて 2-way によるネスティング計算を行った。格子間隔を 3 km (Domain1)、1 km (Domain2)、0.33 km (Domain3) と設定し、Domain3 のグリッド数は 138 × 138 とした。初期条件及び境界条件として、メソ数値予報モデル (MSM) GPV データ (気象庁提供、解像度 5km、3 時間間隔の解析値) を使用し、土壤温度、土壤湿度、及び海面水温は客観解析データ FNL (NCEP 提供、解像度 30km) を使用した。地形標高には、国土地理院提供の数値地図 50 m メッシュデータ、また土地利用情報として、国土交通省刊行の国土数値情報 100 m メッシュデータを用いた。対象とする領域は東京を中心とした関東エリアを選定した。

本研究では、モデル内の土地利用を国土数値情報のデータに基づき変化させシミュレーションを行った。国土数値情報のデータより、昭和 51 年度、平成 9 年度、平成 21 年度の土地利用データを使用し、時代の変遷によるシミュレーションを行った。2008 年の 8、9 月における降水が確認された日のうち、台風による事例とシミュレーションによって対象領域に降水が確認されなかった事例を除いた 17 事例の大気データを使用した。対象領域とする各年度の土地利用図を図-1 に示す。同図は、必ずしも実際の土地利用状態を正確に表しきれない場合もあるが、各年度の土地利用によ

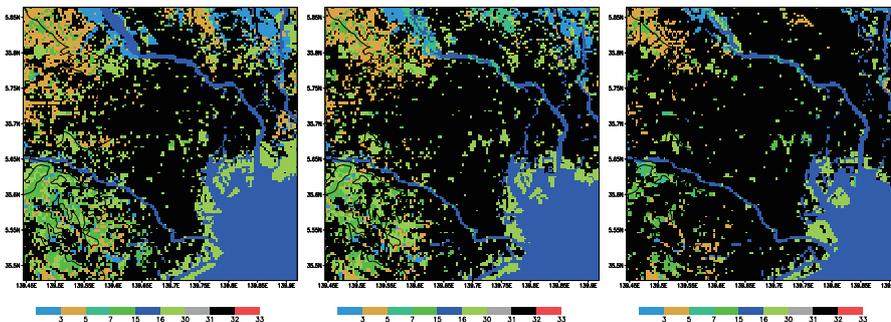


図-1 各年度の土地利用図 (15 緑: 混合林, 32 黒: 都市)
(左図: S51, 中図: H9, 右図: H21A)

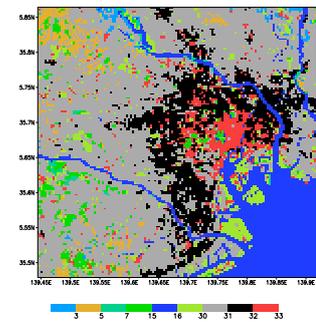


図-2 都市 3 分類の土地利用図: H21B
(赤: 高層, 黒: 中層, 灰: 低層)

キーワード: 温暖化, 集中豪雨, ヒートアイランド, 都市環境, メソ気象モデル

〒 102-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科 Tel.03-5228-1389

表-1 都市キャノピーモデルの物理パラメータ値

	建物高さ (m)	建物幅 (m)	道路幅 (m)	人工排熱 (W/m ²)
S51	7.0	7.9	5.9	33.8
H9	10.5	9.7	7.0	33.5
H21A	13.0	9.4	7.4	27.9

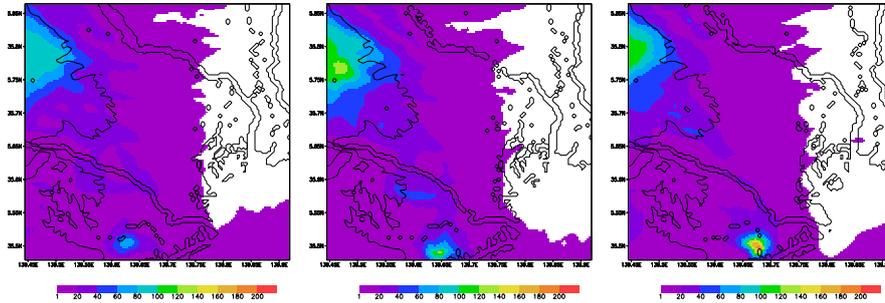


図-3 24時間積算降水量の一例 (左図:S51, 中図:H9, 右図:H21A, 2008年8月30日)

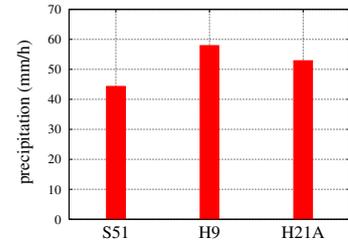


図-4 1時間最大降水量

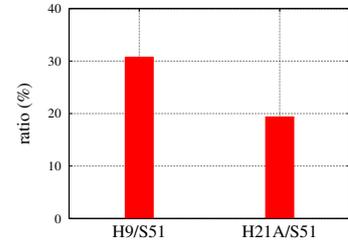


図-5 1時間最大降水量増加率

る相対的な影響の違いに着目して解析を行った。なお、平成 21 年度の土地利用状態においては、都市の発展の度合いを変えて高層・中層・低層に細分化したのも用いた。都市 3 分類の土地利用図を図-2 に示す。以下、昭和 51 年度、平成 9 年度、平成 21 年度、及び都市 3 分類の土地利用状態をそれぞれ S51, H9, H21A, H21B と表現する。

3. 土地利用の経年変化が降水特性に与える影響に関する解析

評価対象とする全 17 事例のうち、降水現象に変化が顕著に表れた 2008 年 8 月 30 日の事例に着目して考察を行う。結果の一例として各土地利用状態における 24 時間積算降水量の分布を図-3 に示す。同図より、対象領域の北西と南の位置に 100 mm を超える雨域が確認できる。降水のアニメーションを見ると、H9 において、北西の位置で 15 時頃に 1 時間に 60 mm 以上の非常に激しい雨が確認された。一方、S51 と H21A においては、同位置で 60 mm 以上の降雨はなかった。しかし、H21A において、南の位置で 16 時頃に 100 mm 以上の猛烈な雨が確認された。図-3 より、24 時間積算降水量においても、H9 よりも H21A の方が 40 mm 程度多いことが見て取れる。この日の風は、北から南に吹いており、H21A においては北西の位置では比較的に雨雲が発達せず、南の位置で発達したことが考えられる。図-1、表-1 より、対象領域内の H21A における都市の面積は約 70 % と顕著に大きいことや、設定した人工排熱は H9 の方が 20 % 高いことなどから、上昇流を生みやすい環境の場所が異なり、このように雨域に違いが出たことが推測される。

次に、2008 年 8 月 30 日の事例における北西の雨域に関する 1 時間最大降水量とその増加率を図-4、図-5 に示す。同図より、H9 で 1 時間に約 60 mm の雨が降り、S51 と比較すると 30 % 以上の増加であることが分かる。この事例においては、S51 が 24 時間積算降水量、1 時間最大降水量ともに低い値を示したが、表-1 より、人工排熱の設定値は H21A よりも 21 % 高い値を設定しているため、土地利用の経年変化が見られない都心エリアでは H21A よりも短時間豪雨が発生しやすい環境の可能性がある。都市の広がり、人工排熱や建物高さなどの影響の度合いを見るために事例数を増やした統計的な解析が必要である。

4. まとめと今後の課題

本研究では、土地利用や都市環境が集中豪雨に与える影響を明らかにすることを目的に、関東エリアを対象領域に設定し、各年度ごとの土地利用状態において領域気象モデル WRF を用いてシミュレーションを行った。その結果、2008 年 8 月 30 日の事例に関して降雨の分布、風の比較、降雨特性での比較を行ったところ、H9 と H21A で短時間豪雨が確認された。また、建物高さや人工排熱の値の違いからも雨域や降水量に違いが出ることが推測される。

今後の課題として、事例数をさらに増やし統計的な解析を行うこと、建物高さ、人工排熱、大気中化学物質 (エアロゾル) の変化など人間活動に起因する影響と温暖化などの自然変動に起因する影響の寄与度の定量化を行う予定である。

参考文献

- 1) 竹林英樹：大阪地域を対象とした都市環境気候地図の作成方法に関する研究，平成 22 年度国土政策関係研究支援事業研究成果報告書，p.10，2010。
- 2) ヒートアイランド対策ガイドライン平成 24 年度版，第 1 章，環境省，p.6，p.13，2012。
- 3) 東京都統計年鑑，東京都総務局統計部 (<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/tnenkan/tn-index.htm>) 。